

MODERNIZATION OF MANUFACTURING STEEL WHEEL
BY JSC "EVRAZNTMK"

A.B. Кушнарев, ОАО «ЕвразНТМК», director@ntmk.ru
A.A. Богатов, УрФУ, omd@mtf.ustu.ru

Abstract

Due to the increasing requirements on the metallurgical quality of the railway wheels JSC "EVRAZ NTMK" developed a steel plant revamping and improvement program which offers transition to a new game-changing level of technology: i.e. the converter method of liquid steel manufacturing followed by secondary metallurgy, vacuum degassing and continuous casting. The main concept of the new technology manifested itself in: production of a steel DeV product free from phosphorus, sulfur, gases and detrimental non-ferrous impurities; secondary metallurgy which offers minimum gas pickup in steel and low non-metallic inclusions; continuous casting of steel into billets which imply higher quality of the final product and higher yield.

1. ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ВЫПЛАВКИ КОЛЕСНОЙ СТАЛИ В
КОНВЕРТЕРАХ ДУПЛЕКС ПРОЦЕССОМ

Особенностью технологии производства стали в конвертерном цехе является двухстадийная переработка природнолегированного ванадиевого чугуна с получением на первой стадии ванадиевого шлака (товарного продукта) и полупродукта для выплавки стали. На второй стадии осуществляется продувка полученного полупродукта в конвертере до получения стали. Технология производства стали транспортного назначения с применением

дуплекс-процесса, отказ от использования металлолома обеспечивают минимальное содержание вредных примесей и цветных металлов. Химический состав ванадиевого чугуна и полупродукта представлен в табл. 1. Из табл. 1. видно, что полупродукт является химически холодным по сравнению с чугуном для дальнейшей продувки, т.к. основным теплоносителем процесса выплавки стали является углерод. По этой причине при продувке полупродукта, особенно при выплавке высокоуглеродистых марок стали, создается напряженный тепловой баланс плавки.

Таблица 1

Химический состав чугуна и полупродукта для выплавки колесной стали

	Массовая доля элементов, %						
	C	Mn	V	Si	Ti	P	S
Ванадиевый чугун	4,4-4,6	0,25-0,35	0,40-0,45	0,10-0,20	0,10-0,15	0,030-0,040	0,020-0,030
Полупродукт	2,8-3,7	0,02-0,04	0,03-0,05	0,0	0,0	0,030-0,040	0,020-0,030

Сталь для производства колес содержит 0,55-0,65% C, 0,50-0,90% Mn и 0,22-0,45% Si, температура перед выпуском должна составлять 1570-1590⁰C, поэтому содержание углерода в полупродукте было регламентировано значением

не менее 3,3%, из состава шихты выведены железорудные материалы. Требования к полупродукту для выплавки колесной стали представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры полупродукта для выплавки колесной стали

Содержание ванадия, % не более	0,04
Температура, °C не более	1380
Содержание углерода, % не менее	3,3

Важным достижением повышения качества стали явилось освоение технологии десульфурации полупродукта (рис. 1). Хотя термодинамические условия для удаления серы из чугуна более благоприятны, чем металлопродукта, новая технология оказалась более предпочтительной в связи с меньшими капитальными затратами, более высокой производительностью процесса десульфурации и меньшими потерями ванадиевого шлака. Было показано, что эффективность десульфурации полупродукта зависит от скорости дувания реагентов (флюидизированная известь и

гранулированный магний) и продолжительности скачивания шлака из установки десульфурации на завершающей стадии процесса.

При проведении пусконаладочных работ установки десульфурации полупродукта мощностью 1,5 млн. т/год удалось добиться в 92 – 95 случаев из 100 содержание серы не более 0,002%, а прирост содержания серы после десульфурации в среднем поддерживать на уровне 0,01075%.

В ходе освоения технологии выплавки колесной стали из углеродистого полупродукта

было опробовано несколько вариантов определены оптимальные значения температуры углеродистого полупродукта, расход и виды шлакообразующих материалов, обеспечивающих стабильное протекание процесса и низкую газонасыщенность стали. Модернизация сталеплавильного производства, связанная с реконструкцией конвертеров, была направлена на применение комбинированной продувки кислородом через верхнюю 6-ти сопловую фурму с интенсивностью до 500 м³/мин и инертным газом через донные фурмы инертным газом с расходом до 12,6 м³/мин. Достоинством процесса с комбинированной продувкой является более высокая, по сравнению с верхней продувкой, стабильность результатов от

плавки к плавке, меньшие потери железа со шлаком и пылью, низкая окисленность металла и меньший угар ферросплавов. Однако снижение окисленности шлака при комбинированной продувке приводит к ухудшению шлакообразования, получению гетерогенных шлаков и к ухудшению процесса дефосфорации, особенно при выплавке высокоуглеродистых сталей. В связи с этим был разработан рациональный режим продувки и присадки шлакообразующих материалов для выплавки высокоуглеродистого металла. В качестве шлакообразующих материалов применяются известь, обожженная кремнийсодержащая добавка (ОКД), марганцевый агломерат и магнезиальный флюс (ФОМИ).

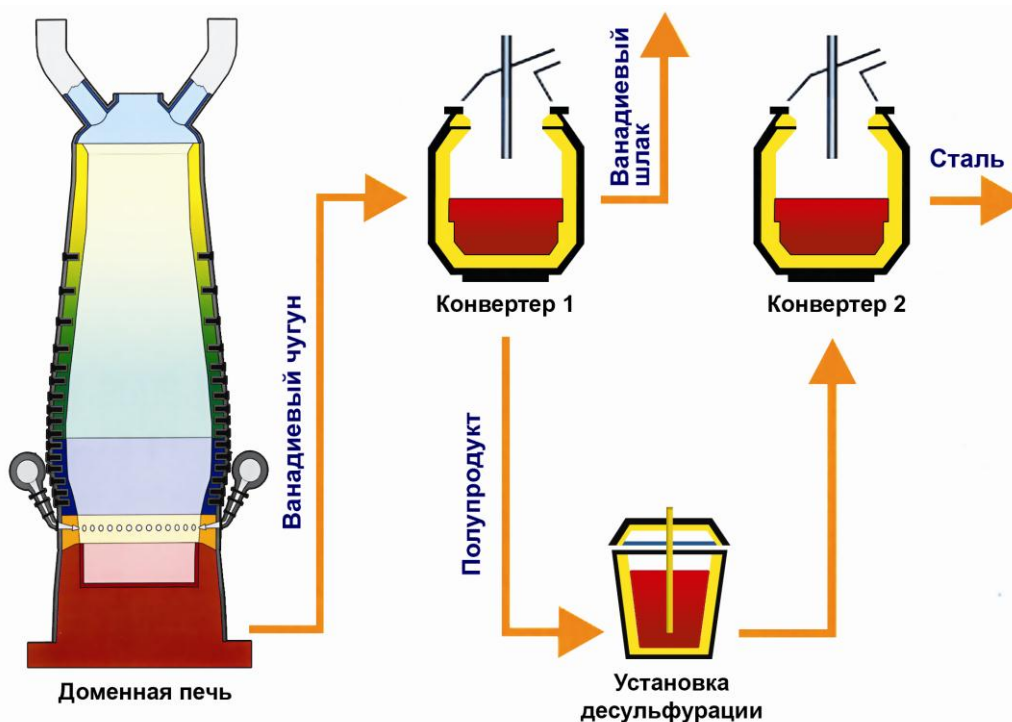


Рис. 1. Технологическая схема десульфурации

Важным результатом работы явились исключение выбросов шлакометаллической эмульсии из конвертера и обеспечение эффективной дефосфорации стали. Внедрение разработанной технологии обеспечило формирование шлаков с высокими рафинирующими свойствами и низким агрессивным воздействием на футеровку. Степень дефосфорации составила 55,4%.

2. ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ КОЛЕСНОЙ СТАЛИ

Основная задача внепечной обработки заключается в осуществлении технологических операций: выравнивание температуры и усреднение химического состава металла в объеме ковша с колебанием химических элементов от плавки к плавке в узких пределах; легирование; микролегирование и

модифицирование; удаление и модифицирование неметаллических включений; десульфурация металла; дегазация металла (удаление водорода и азота) и др. Одной из наиболее важных задач в ходе освоения технологии внепечной обработки колесной стали являлось модифицирование и предотвращение образования неметаллических включений. На основании проведенных исследований было установлено, что модифицирование колесной стали силикокальцием позволяет перевести неметаллические включения в благоприятную глобулярную форму. В ходе исследования была разработана последовательность введения модификаторов в сталеразливочный ковш и определено оптимальное соотношение кальция к алюминию $\text{Ca/Al} = 0,10 - 0,14\%$. При смещении этого соотношения в меньшую сторону (за счет уменьшения содержания кальция или увеличения содержания алюминия) ухудшалась разливаемость

стали на МНЛЗ. Процесс модифицирования различных неметаллических включений при обработке силикокальцием представлен на рис. 2.

Сульфиды превращаются во включения в виде CaS, а включения Al_2O_3 модифицируются в глобулы, содержащие алюминат кальция.

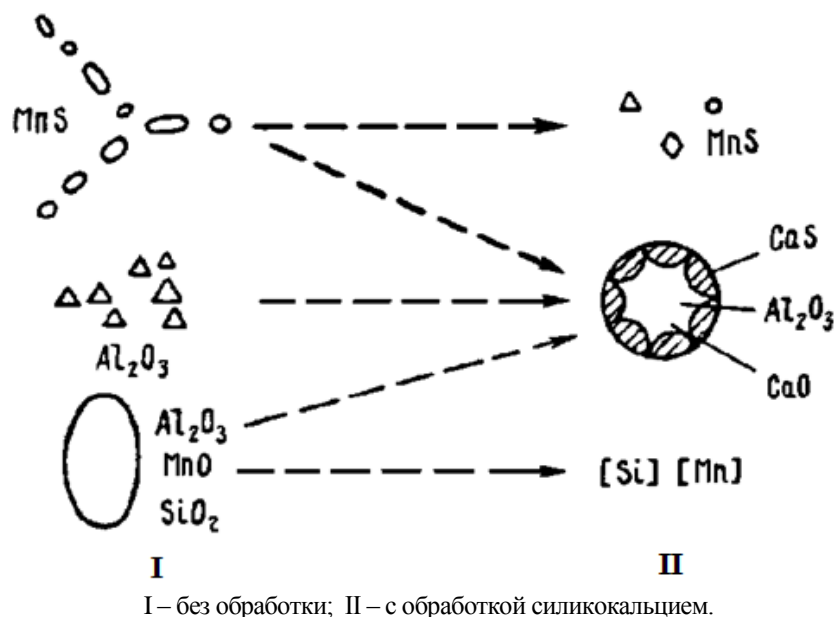


Рис. 2. Модифицирования неметаллических включений обработкой силикокальцием

Разработанная технология обработки металла силикокальцием, обеспечивала модифицирование алюминатных неметаллических включений, способствовала их удалению при определенном составе и повышала жидкотекучесть стали. В тоже время возросла вероятность образования крупных неметаллических включений, содержащих CaO и Al_2O_3 . Для уменьшения, как общей загрязненности стали неметаллическими включениями, так и загрязненности высокоглиноземистыми включениями, была разработана технология безалюминиевого раскисления [3]. Раскисление колесной стали предложено было осуществлять за счет ввода кремний-и-марганецсодержащих ферросплавов. При этом содержание [Al] в готовой стали не превышало 0,005%, а содержание [Ca] составляло 0,0010-0,0020%. В ходе проведения

ультразвукового контроля колес было установлено, что на плавках, произведенных без применения алюминия, отбраковка по УЗК составила 1,39% против 3,66% на плавках, раскисленных алюминием, при этом изменения механических свойств на плавках без применения алюминия не произошло. Механические свойства колес прокатанных из стали раскисленной алюминием и без алюминия, представлены в табл. 3. Еще одним важным технологическим приемом является продувка стали аргоном во время внепечной обработки. Вдувание аргона в днище ковша во время внепечной обработки стали, позволяет обеспечить: усреднение по температуре и химическому составу; всплытие и адсорбцию шлаком неметаллических включений, а так же снижение газонасыщенности.

Таблица 3

Механические свойства колесной стали

	Временное сопротивление разрыву	Относительное		Твердость, НВ		Ударная вязкость (+20°C)
		удлинение	сужение	30	50	
	Н/мм ²	%	%	мм	мм	ДЖ/см ²
Алюминиевое раскисление	996,2	15,4	30,3	288,3	272,9	33
Безалюминиевое раскисление	998,5	15,5	30,4	290,2	273,7	32,9

ГОСТ 10791-2004	910-1110	Не менее			-	Не менее
		8	14	255		20

На рис. 3 представлено изменение содержания общего кислорода в периоды внепечной обработки, вакуумирования и разливки стали на МНЛЗ. Моменты отбора проб: 1 - перед началом обработки на «печи-ковше»; 2 – середина

обработки на «печи-ковше»; 3 – в конце обработки на «печи-ковше»; 4 – перед вакуумированием; 5 – на 7 минуте вакуумирования; 6 – на 12 минуте вакуумирования; 7 – после вакуумирования; 8 – во время разливки на МНЛЗ.

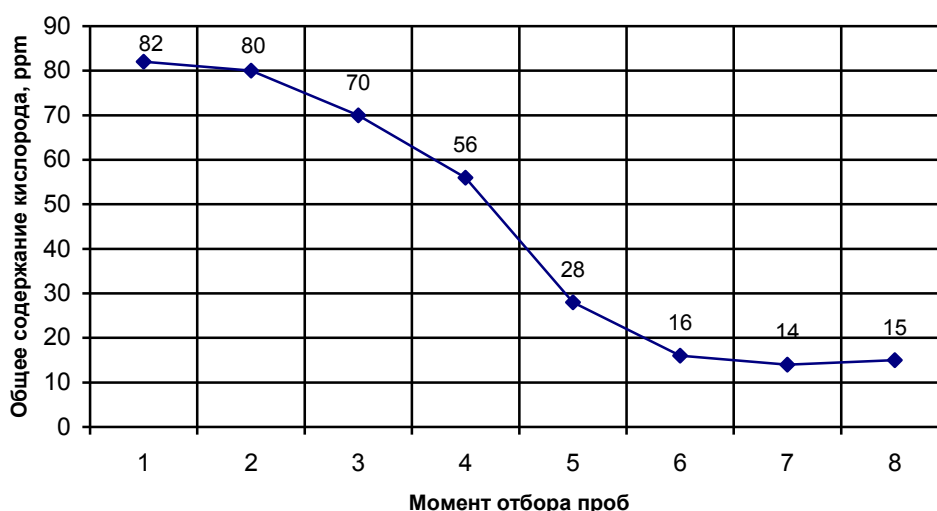


Рис. 3. Изменение содержания общего кислорода

Из рис. 3. видно, что за счет введения в сталь модификаторов и продувки инертным газом на установке «печь-ковш» содержание общего кислорода в жидкой стали перед вакуумированием составляет не более 60 ppm. Дальнейшее снижение содержания кислорода до 15-20 ppm происходит на установке вакуумирования. Помимо снижения кислорода во время вакуумирования стали происходит снижение содержания водорода и азота. Содержание водорода в колесах из вакуумированной стали не превышает 2 ppm. Гистограмма распределения содержания водорода в колесной стали представлена на рис. 4.

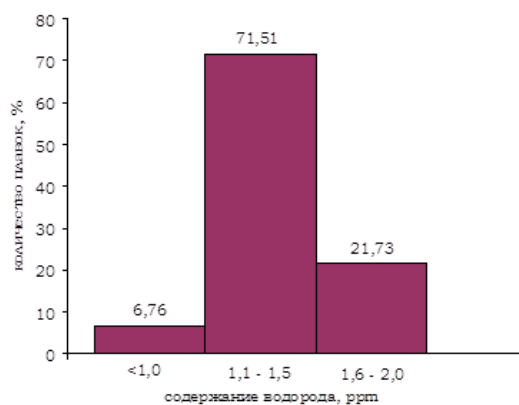


Рис. 4. Гистограмма распределения содержания водорода в колесной стали

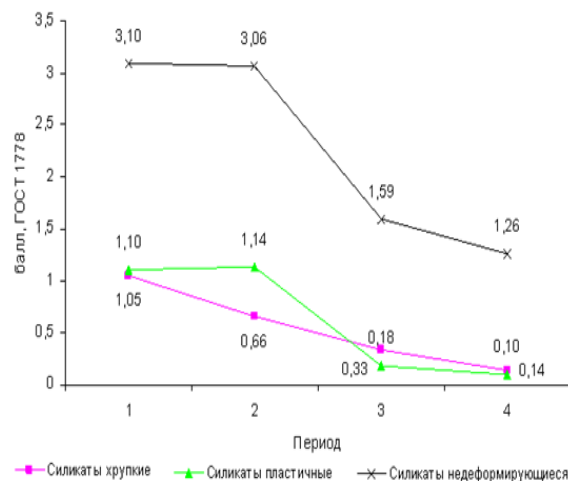


Рис. 5. Загрязненность колесной стали неметаллическими включениями в разные периоды модернизации технологии

Низкая газонасыщенность металла является объективным показателем снижения загрязненности стали неметаллическими включениями. На рис. 5. представлена динамика снижения загрязненности колесной стали неметаллическими включениями на различных этапах модернизации технологии: 1 – выплавка в мартеновской печи и разливка в слитки; 2 – выплавка в

конвертере и разливка в слитки; 3 – выплавка в конвертере, внепечная обработка (модифицирование, продувка аргоном), вакуумирование и разливка на МНЛЗ; 4 – выплавка в конвертере, внепечная обработка, вакуумирование и разливка на МНЛЗ, внедрение безалюминиевого раскисления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модернизация технологии производства колесной стали на ОАО «ЕвразНТМК» позволила обеспечить получение чистой стали с минимальным содержанием серы, фосфора, газов, неметаллических включений, вредных примесей цветных металлов и неметаллических включений. Благодаря этому удалось уменьшить брак по ультразвуковому контролю качества колеса и повысить их эксплуатационный ресурс.

Список литературы

1. Кушнарев А.В. Освоение технологии выплавки стали из углеродистого полупродукта в конвертерах с комбинированной продувкой /А.В. Кушнарев, Л.А. Смирнов, Н.Х. Мухатдинов, А.А. Бабенко, Ю.А. Данилин, С.В. Виноградов, С.М. Челпан, Н.В. Мухранов, В.В. Левчук, Е.В. Шеховцов, С.А. Ремиго, Л.Ю. Кривых, // Труды X Международного конгресса сталеплавильщиков, Магнитогорск, 13-17 октября, 2008.- М., 2009. – С. 130-132.
2. Кушнарев А.В. Совершенствование технологии обработки металла на установке десульфурации в условиях ОАО «НТМК» /А.В. Кушнарев, А.А. Киричков, А.А. Петренко, М.В. Савельев, С.А. Ремиго // X международный симпозиум по десульфурации чугуна и стали. – Almamet. 2011.-С. 55 – 62.
3. Кушнарев А.В. Совершенствование производства конвертерной стали транспортного назначения на НТМК/ А.В. Кушнарев В.И. Ильин, Е.В. Шеховцов, Л.К. Федоров, Л.В. Минаева // Сталь. -2003. - №6. –С.14-16.